

SUBMISSION 4**Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Magnet Dengan Kapasitas 100 Watt**Ridwan Sinaga^{1*}, Dahmir Dahlan¹, dan Eka Maulana¹¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, 12640, Jakarta, Indonesia

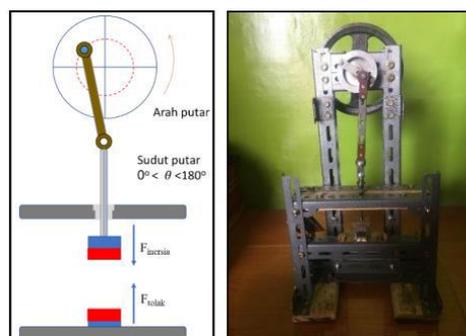
Abstrak. Saat ini listrik merupakan suatu hal yang sangat penting bagi seluruh golongan masyarakat, hampir seluruh masyarakat sangat terbantu dengan adanya energi listrik, namun dibalik semua itu ada dampak buruk yang bisa saja dihasilkan dalam memperoleh energi listrik, seperti penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan. Saat ini mayoritas pembangkit listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil, yang mana bahan bakar jenis ini memiliki banyak dampak negatif bagi kesehatan lingkungan, maka diperlukan energi terbarukan untuk mengurangi dampak negatif dari bahan bakar fosil ini. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang pembangkit listrik menggunakan magnet sebagai energi masukannya, dengan mekanisme yang tepat maka magnet dapat menghasilkan gerakan putar terus menerus. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan metode perancangan Pahl dan Beitz untuk mencapai konsep yang diinginkan. Magnet Neodymium N52 berbentuk silinder yang berdimensi 40 20 mm dan dimensi 20 5 mm dapat menghasilkan gaya tolak-menolak sebesar 20,67 N pada jarak 20 mm. Magnet kemudian disusun pada rotor dan stator, dengan mekanisme pemindah daya maka dapat memutar Generator PMG220 yang memerlukan kecepatan putar 200 RPM, sehingga rancangan pembangkit listrik bertenaga magnet dapat menghasilkan daya 100 Watt yang dapat digunakan untuk membantu kebutuhan rumah tangga seperti penerangan rumah.

Kata Kunci- Energi Terbarukan; Listrik; Magnet; Neodymium; Perancangan.

1. PENDAHULUAN

Di era yang modern ini energi listrik menjadi hal yang sangat dibutuhkan bagi kelangsungan hidup manusia dan berbanding lurus dengan kemajuan di bidang kesehatan, makanan, industri, dll [1]. Di Indonesia sendiri listrik ditangani dan dilayani oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Saat ini di Indonesia melakukan pengembangan terhadap energi alternatif untuk mengurangi dari dampak pemanasan global yang diakibatkan oleh penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan. Energi terbarukan merupakan energi yang memiliki regenerasi dan tak terbatas seperti matahari, angin, air, biomassa, khususnya magnet [2].

Pembangkit listrik tenaga magnet dapat bekerja dengan memanfaatkan gaya tolak-menolak atau tarik-menarik dari magnet itu sendiri, maka dengan mekanisme yang tepat gaya tolak-menolak ataupun gaya tarik-menarik dapat diubah menjadi gerakan putar [3]. Selanjutnya putaran tersebut dapat memutar generator, dimana generator berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik [4]. Magnet yang sering digunakan adalah magnet berjenis Neodymium (Nd₂Fe₂B) karena sampai saat ini magnet Neodymium merupakan jenis magnet permanen yang paling kuat di bumi [5]. Sudah banyak pembangkit listrik tenaga magnet yang sudah dilakukan percobaan, ada berbagai macam juga konsep pembangkit listrik tenaga magnet yang digunakan seperti *Magnetic Grafty Fan* dengan memanfaatkan grafitasi dan juga gaya tolak menolak magnet.



Gambar 1 Konsep Magnetic Grafty Fan [6]

Konsep lainnya yang biasa digunakan dalam pembangkit listrik tenaga magnet adalah konsep *V Gate Magnet Motor*, konsep ini dapat memanfaatkan gaya tolak-menolak magnet untuk memutar rotor yang ada dalam pembangkit listrik jenis ini. Pembangkit jenis ini dapat dikenali dengan bentuk kombinasi magnet yang menyerupai bentuk ∇ yang ditempelkan pada rotor, rotor ini dapat berputar jika ada magnet yang berperan sebagai magnet stator didekatkan pada tengah antara magnet yang berada di rotor, maka akan terjadi gaya tolak-

*Corresponding author; ridwansinaga04@gmail.com

menolak antara magnet rotor dan magnet stator, karena perbedaan jarak antara pangkal dan puncak magnet stator yang menyerupai $-V$ maka rotor akan berputar, tetapi pada pertemuan antara puncak dan pangkal magnet pada stator harus dijauhkan karena akan terjadi gaya tarik-menarik antara magnet stator dan magnet rotor, jika pada akhir siklus magnet stator dijauhkan, lalu didekatkan lagi setelah melewati akhir siklus maka rotor dapat berputar terus-menerus.

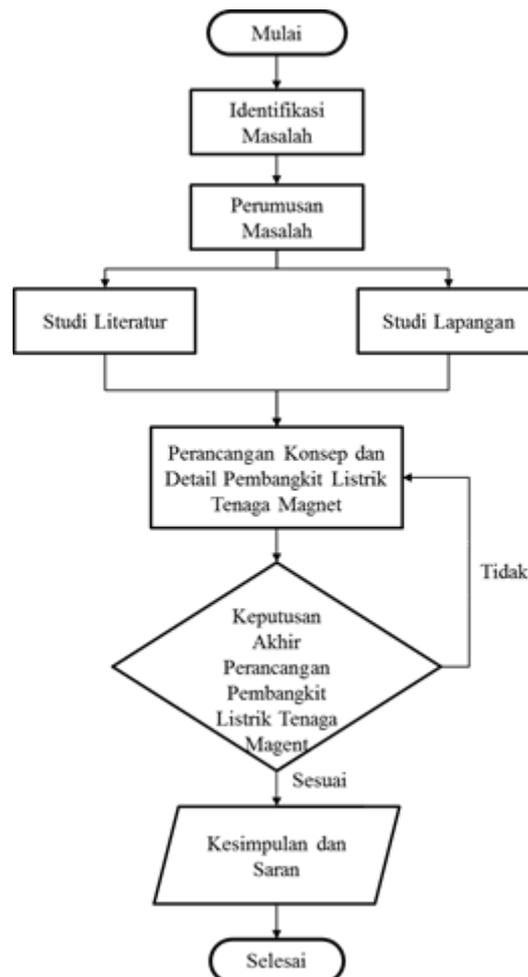


Gambar 2 Konsep V Gate Magnet Motor [7]

Tujuan yang diinginkan adalah untuk menghasilkan rancangan dari pembangkit listrik tenaga magnet dengan kapasitas 100 Watt, juga menentukan spesifikasi dari pembangkit listrik yang akan dirancang.

2. METODE

Adapun diagram penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

a. Identifikasi Kebutuhan

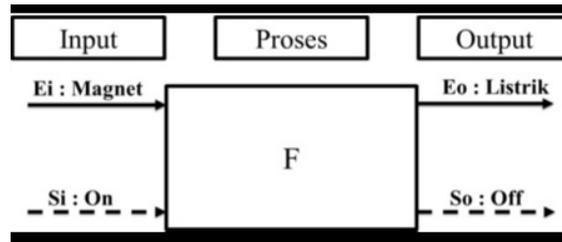
Masalah yang dihadapi pada hari ini adalah kebutuhan listrik yang terus bertambah, diikuti dengan penggunaan bahan bakar fosil yang semakin naik setiap harinya. Sehingga diperlukan pembangkit listrik yang ramah lingkungan untuk mengurangi dampak buruk dari bahan bakar fosil.

b. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data mengenai magnet, perancangan, teknologi permesinan, analisa perhitungan melalui berbagai macam sumber seperti jurnal, buku, katalog, diikuti dengan melakukan studi lapangan menggunakan magnet untuk mempelajari karakteristik dari magnet.

c. Perancangan Konsep

Pada tahap perancangan konsep dilakukan dengan menggunakan metode Pahl dan Beitz, sehingga rancangan dapat direalisasikan dengan baik, yang pertama dilakukan adalah menentukan blok fungsi terlebih dahulu, yang terdiri dari energi masukan, sinyal masukan, energi keluaran dan sinyal keluaran.



Gambar 4 Blok Fungsi

Selanjutnya adalah menentukan pohon fungsi, pada tahap pohon fungsi dijabarkan perencanaan yang akan digunakan. Perencanaan tersebut diuraikan gambar sebelumnya, ada beberapa sub-fungsi yang digunakan yaitu : magnet, kelistrikan, cover, transmisi, rotor dan stator.



Gambar 5 Pohon Fungsi

Selanjutnya hasil dari pohon fungsi akan dibuat varian konsep dengan menggunakan morfologi chart.

Tabel 1 Morfologi Chart

No	Sub Fungsi	Alternatif A		Alternatif B		Alternatif C	
		Nama	Gambar	Nama	Gambar	Nama	Gambar
1	Magnet	Neodymium		Alcino		Ferit	
2	Bentuk Magnet	Balok		Disc		Ring	
3	Sistem Stator	Translasi		Rotasi			
4	Rotor	Horizontal		Vertikal			
5	Pemindah Daya	Roda Gigi & Rantai		Puli & Sabuk		Roda Gigi	
6	Generator	Generator DC		Generator AC			
7	Penutup/Cover	Alas		Setengah		Penuh	

Keterangan :

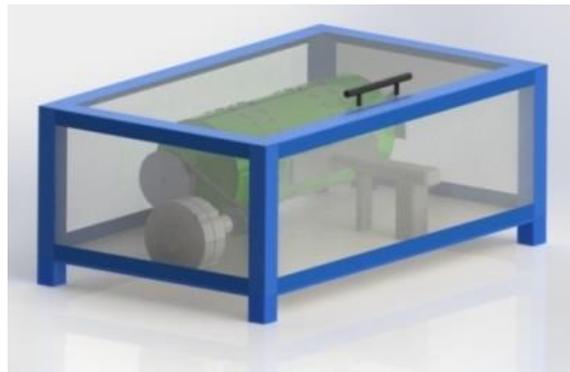
Garis : Varian 1
Garis : Varian 2

Setelah menentukan konsep dan sketsa selanjutnya adalah menghitung varian-varian dengan bobot kriteria, lalu dicari nilai variasi yang terbesar. varian dinilai dari angka 0 sampai 4, nilai 0 merupakan nilai terendah dan 4 merupakan nilai tertinggi.

Tabel 2 Keputusan Desain

No	Kriteria Evaluasi	Bobot	Varian 1		Varian 2	
			Nilai	Bobot	Nilai	Bobot
1	Ukuran Panjang & Lebar	0,075	3	0,225	3	0,225
2	Ukuran Tinggi	0,075	3	0,225	2	0,15
3	Tahan Lama	0,102	3	0,306	4	0,408
4	Kualitas Material	0,068	3	0,204	3	0,204
5	Komponen Mudah dicari	0,096	3	0,288	3	0,288
6	Mudah diproduksi	0,064	3	0,192	3	0,192
7	Frekuensi Perawatan	0,112	3	0,336	3	0,336
8	Biaya Perawatan	0,048	4	0,192	3	0,144
9	Mudah Lepas-Pasang	0,056	4	0,224	3	0,168
10	Perakitan mudah	0,084	4	0,336	3	0,252
11	Aman Pengoprasian	0,11	3	0,33	3	0,33
12	Mudah Pengoprasian	0,11	4	0,44	2	0,22
Jumlah		1		3,298		2,917

Setelah melakukan pembobotan dan menjumlah skor dari semua penilaian, maka dipilihlah varian 1 karena memiliki skor 3,298 dan lebih tinggi dibanding varian 2 yang memiliki skor 2,917. Gambar 5 adalah desain dari varian terpilih.

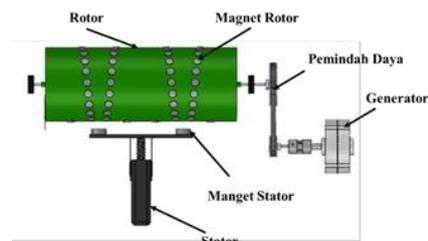


Gambar 6 Varian Terpilih

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Konsep Pembangkit Listrik yang Digunakan

Konsep pembangkit listrik tenaga magnet yang digunakan adalah konsep *V-Gate Magnet Motor*, dimana konsep ini memiliki dua bagian utama yaitu rotor dan stator. Rotor bisa berputar akibat dari adanya gaya tolak menolak magnet yang ada diantara magnet rotor dengan magnet stator. Pada bagian antara puncak dan pangkal —V— akan terjadi gaya tarik menarik antara magnet rotor dan magnet stator, yang akan mengakibatkan putaran rotor melambat, supaya putaran rotor tidak melambat, magnet stator harus dijauhkan supaya rotor dapat berputar secara kontinu, maka rotor dapat memutar generator listrik untuk membangkitkan listrik.



Gambar 7 Sistem V Gate Magnet Motor

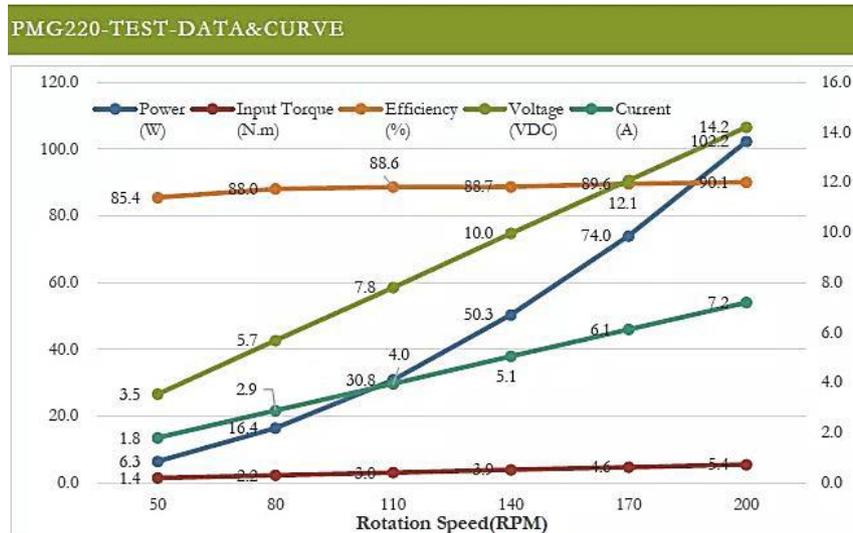
b. Perhitungan Kebutuhan Kecepatan Putar Rotor

Untuk menghitung kebutuhan kecepatan putaran rotor, harus diketahui terlebih dahulu kebutuhan dari generator yang akan digunakan. Generator yang akan digunakan adalah Generator PMG220, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3 Spesifikasi Generator PMG220

No	Spesifikasi	Nilai
1	Rated Power	100 W
2	Rated Rotated Speed	200 rpm
3	Rated Voltage	14 V
4	Stator	Coreless
5	Shaft Material	Stainless Steel
6	Shell Material	Alumunium Alloy

Berikut adalah grafik data dari penggunaan Generator PMG220



Gambar 8 Grafik Data PMG220

Dilihat dari spesifikasi dan grafik Generator PMG220 maka diperlukan kecepatan putar sebesar 200 rpm dan torsi sebesar 5,4 N m sehingga dapat menghasilkan energi listrik 100 Watt. Untuk membangkitkan daya listrik 100 Watt, diperlukan perhitungan daya mekanik yang digunakan untuk memutar generator. perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan persamaan berikut : [8]

$$P = \tau \times \omega$$

$$P = 5,4 \text{ N}\cdot\text{m} \times \frac{2\pi \times 200 \text{ rpm}}{60}$$

$$P = 113 \text{ Watt}$$

Dengan menggunakan diameter rotor 320 mm, maka untuk memutar generator dengan daya mekanik 113 Watt diperlukan gaya sebesar :

$$F = \frac{P}{\frac{D}{2} \times \omega}$$

$$F = \frac{113 \text{ Watt}}{\frac{0,3 \text{ [m]}}{2} \times \frac{2\pi \times 200 \text{ [rpm]}}{60}}$$

$$F = 36 \text{ N}$$

Selanjutnya menghitung gaya tolak yang terjadi antara magnet rotor yang berdimensi 40 20 mm dengan besaran Weber-nya adalah $3,5 \times 10^{-4}$ [Wb] dengan manget stator yang berdimensi 20 5 mm dengan besaran Weber-nya adalah $2,9 \times 10^{-5}$ [Wb], jarak antara kedua magnet adalah 20 mm, maka perhitungan gaya tolak kedua magnet dapat dilakukan dengan persamaan berikut : [9]

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu_0 r^2}$$

$$F = \frac{3,58 \times 10^{-4} [Wb] \times 2,9 \times 10^{-5} [Wb]}{4\pi \times 10^{-7} [Wb \cdot A \cdot m] \times 0,02^2 [m]}$$

$$F = 20,67 [N]$$

Karena produk menggunakan dua kombinasi magnet stator dan rotor maka gaya yang dihasilkan menjadi:

$$F = 20,67 [N] \times 2 = 41,34 [N]$$

Maka gaya yang dihasilkan magnet stator pada magnet rotor adalah $2 \times 20,67 [N] = 41,34 [N]$. Setelah mengetahui gaya yang dihasilkan magnet selanjutnya menghitung kecepatan putar rotor, perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan mencari daya mekanik, maka perhitungannya adalah : [8]

$$\omega = \frac{P}{F \times \frac{D}{2}}$$

$$\omega = \frac{113}{(41,34 [N]) \times \left(\frac{0,3 [m]}{2}\right)}$$

$$\omega = 18,22 \text{ rad/s} \approx 173,988 \text{ rpm}$$

$$\text{dibulatkan} = 174 \text{ rpm}$$

Kecepatan putar rotor yang diperlukan untuk menghasilkan daya mekanik 113 Watt adalah 174 rpm.

c. Perhitungan Puli

Karena putaran yang dihasilkan rotor 174 rpm, sedangkan putaran yang dibutuhkan generator adalah 200 rpm maka dengan acuan diameter puli penggerak sebesar 100 mm dan menggunakan persamaan rasio puli, maka puli yang digerakkan dapat ditentukan melalui perhitungan berikut : [8]

$$D_2 = D_1 \times \frac{N_1}{N_2}$$

$$D_2 = 100 [mm] \times \frac{174 [rpm]}{200 [rpm]}$$

$$D_2 = 87 \text{ mm}$$

Maka diameter puli penggerak yang digunakan adalah 100 mm, sedangkan puli yang digerakkan menggunakan diameter 87 mm, sehingga dapat menghasilkan putaran 200 rpm.

Rasio puli yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{200}{174} = 1,15$$

Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan generator adalah 5,4 N m, tetapi karena puli yang menggerakkan dan puli yang digerakkan berbeda ukuran, maka torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan generator adalah :

$$5,4 [N m] \times 1,15$$

$$= 6,371 [N m]$$

Jadi torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan rotor adalah 6,371 4 [N m]. Selanjutnya menghitung torsi yang dihasilkan rotor, gaya yang dihasilkan rotor adalah 41,34 [N] dan diameter rotor adalah 320 mm, maka torsi yang dihasilkan rotor adalah : [10]

$$\tau = f \times r$$

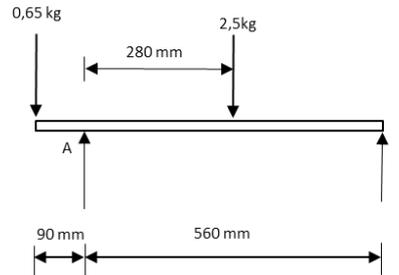
$$\tau = 41,34 [N] \times 0,16 [m]$$

$$\tau = 6,61 [N \cdot m]$$

Karena torsi rotor masih lebih besar dari torsi yang dibutuhkan generator, maka rotor mampu memutar generator untuk menghasilkan daya listrik.

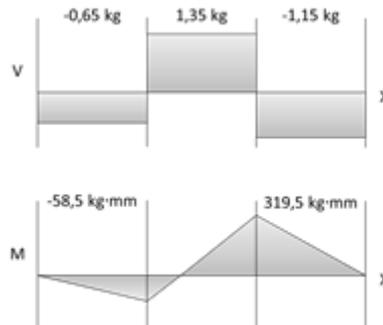
d. Perhitungan Diameter Poros

Dengan rumus perhitungan diameter poros dan dengan panjang poros yang sudah ditentukan yaitu sebesar 650 mm, maka diameter poros dapat ditentukan, dan poros akan diberi beban seperti gambar berikut.



Gambar 9 Pembebanan Pada Poros

Dan berikut adalah diagram gaya geser dan momen lentur yang terjadi pada poros.



Gambar 10 Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur

Dari grafik dapat dilihat bahwa tegangan geser terbesar yang dialami poros adalah 1,35 kg dan momen lentur terbesar adalah 319,5 kg mm. Dalam menentukan diameter poros, yang pertama dilakukan adalah menghitung daya yang direncanakan (P_d) dengan perhitungan berikut : [11]

$$P_d = f_c \times P$$

$$P_d = 1 \times 0,1 \text{ [kW]}$$

$$P_d = 0,1 \text{ [kW]}$$

Selanjutnya adalah menghitung momen puntir dengan perhitungan berikut : [11]

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{0,113 \text{ [kW]}}{174 \text{ [rpm]}}$$

$$T = 632,54 \text{ [kg} \cdot \text{mm]}$$

Material yang digunakan untuk poros adalah material AISI 304, maka dapat dihitung tegangan geser izin dengan acuan kuat tarik bahan, maka perhitungannya adalah : [11]

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{S_{f1} \times S_{f2}}$$

$$\tau_a = \frac{51,495 \text{ [kg/mm}^2\text{]}}{5,6 \times 1,3}$$

$$\tau_a = 7,073 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

Diameter poros dapat dihitung, dengan memperhatikan faktor koreksi pembebanan puntir (K_t) dan faktor pembebanan momen lentur (K_m), maka perhitungannya adalah : [11]

$$D \geq \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) \times \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D \geq \left[\left(\frac{5,1}{7,073} \right) \times \sqrt{(1,5 \times 319,5)^2 + (1 \times 632,54)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D \geq 8,3 \text{ mm}$$

Diameter poros yang digunakan harus lebih besar atau sama dengan dari 8,3 mm. Maka diameter poros yang dipilih adalah 9 mm.

e. Perhitungan Bantalan

Pada perhitungan bantalan, ditentukan terlebih dahulu umur bantalan menurut waktu, umur bantalan yang digunakan adalah 40000 jam, selanjutnya adalah menghitung umur bantalan menurut jumlah putaran dengan perhitungan berikut :

$$L = 60 \times 227 \text{ [rpm]} \times 40000$$

$$L = 54,48 \times 10^7 \text{ Putaran}$$

Tahap selanjutnya adalah menghitung beban ekivalen statik (*WOR*) yaitu

$$W_{OR} = X_p \times W_R \text{ [N]} + Y_0 \times W_A$$

$$W_{OR} = 0,6 \times 19,62 \text{ [N]} + 0,5 \times 0$$

$$W_{OR} = 11,772 \text{ N}$$

Lalu menghitung beban ekivalen dinamik (*W*), yaitu :

$$W = X \times V \times W_R + Y \times W_A$$

$$W = 1 \times 1 \times 19,62 \text{ [N]} + 0 \times 0$$

$$W = 11,62 \text{ N}$$

Karena rating beban statik sebanding dengan beban ekivalen statik maka beban rating statik adalah :

$$C_0 = 11,772 \text{ N}$$

Sedangkan untuk menghitung rating beban dinamik (*C*) dapat dihitung, besar —Kl untuk bantalan peluru besarnya adalah 3. Maka,

$$C = W \left(\frac{L}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = 19,6 \text{ [N]} \left(\frac{54,48 \times 10^7}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 160,24 \text{ N}$$

Maka dapat disimpulkan parameter yang digunakan untuk pemilihan bantalan adalah :

Tabel 4 Parameter Spesifikasi Bantalan

No	Spesifikasi	Nilai
1	Jenis Bantalan	<i>Single Row Deep Deep Groove</i>
2	Diameter Dalam	9 mm
3	Rating Beban Statik	$C_0 \geq 11,772 \text{ N}$
4	Rating Beban Dinamik	$C_0 \geq 160,24 \text{ N}$

Dengan mengacu pada parameter pemilihan bantalan, maka bantalan yang dipilih adalah bantalan SKF 608 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 5 Spesifikasi Bantalan SKF 609

No	Spesifikasi	Nilai
1	Jenis Bantalan	<i>Single Row Deep Deep Groove</i>
2	Diameter Dalam	9 mm
3	Diameter Luar	24 mm
4	Tebal Bantalan	7 mm
5	Rating Beban Statik	$C_0 \geq 1660 \text{ N}$

6	Rating Beban Dinamik	c 3900 N
---	----------------------	------------

f. Perhitungan Stator

Karena gaya tolak yang dihasilkan magnet rotor dan stator besarnya 41,34 N maka diperlukan gaya pegas yang lebih besar dari gaya tolak menolak magnet, mana pegas yang digunakan adalah pegas ulir merk Century Spring tipe 10566 dengan spesifikasi berikut :

Tabel 6 Spesifikasi Pegas Century Spring 10566

No	Spesifikasi	Nilai
1	Diameter	24,21 mm
2	Panjang Bebas	57,9 mm
3	Panjang Padat	13,6 mm
4	Diameter Kawat	1,7 mm
5	Spring Rate	20,9 N/mm
6	Gaya terima Maksimum	47 N

Selanjutnya menghitung torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan kepala stator. Torsi dicari dengan acuan gaya terima maksimum pegas, yaitu 47 N dan dengan diameter pinion yang dipilih adalah 13 mm. Maka perhitungannya adalah : [8]

$$\tau = r \times F$$

$$\tau = 6,5 [mm] \times 47 [N]$$

$$\tau = 305,5 N \cdot mm$$

Dari hasil perhitungan sebelumnya dengan acuan torsi 305,5 N·mm, maka Motor yang akan digunakan pada stator adalah Motor DC 555, dengan spesifikasi :

Tabel 7 Spesifikasi Motor DC 555

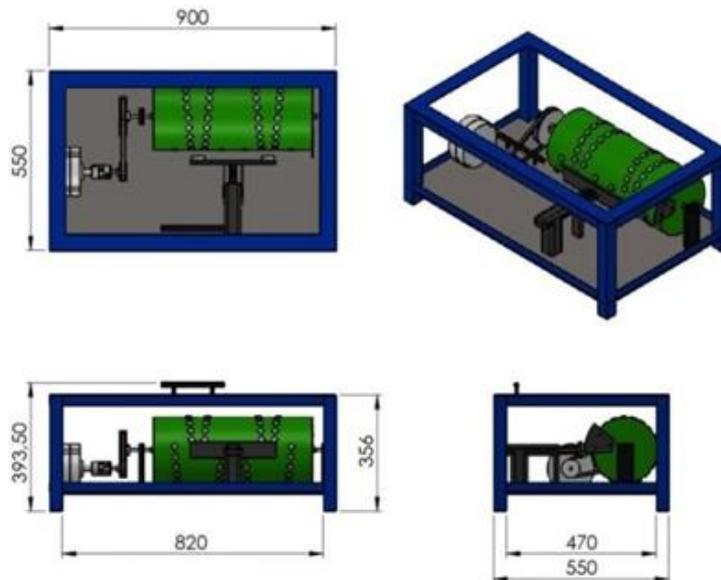
No	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan	10,8 – 20 V
2	Massa	220 g
3	Arus	0,22 sampai 1,30 [A]
4	Kecepatan Putar	7400 rpm
5	Torsi	334 N mm

g. Perancangan Detail

Berikut adalah spesifikasi teknis dan geometri dari Pembangkit Listrik Tenaga Magnet Dengan Kapasitas 100 Watt.

Tabel 8 Spesifikasi Teknis

No	Spesifikasi	Nilai	Keterangan
1	Kecepatan Putar Rotor	174 rpm	-
2	Magnet Rotor	$\varnothing 20 \times 5$ mm	Neodymium N52
3	Magnet Stator	$\varnothing 40 \times 20$ mm	Neodymium N52
4	Rotor	$\varnothing 320 \times 500$ mm	PVC
5	Poros	$\varnothing 9 \times 650$ mm	Aisi 304
6	Bantalan	SKF 609	-
7	Pemindah Daya	Puli & belt	Sabuk Tipe A
8	Rasio Pemindah Daya	1,15	-
9	Pegas	Century Spring 10566	Spring Steel - SPR
10	Motor Stator	Motor DC 555	-
11	Sensor	Proximity E18-D80NK	-
12	Generator	100 Watt	PMG220



Gambar 11 Geometri Produk

4. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan menghasilkan rancangan pembangkit listrik tenaga magnet, dengan menggunakan magnet neodymium grade N52, untuk stator menggunakan dimensi 40×20 mm sebanyak dua buah, untuk rotor menggunakan dimensi 20×5 mm sebanyak 84 buah. Hasil tolak menolak kedua magnet tersebut adalah 20,67 N dan putaran yang dihasilkan dan sudah melalui mekanisme pemindah daya adalah 200 rpm. Putaran kemudian diteruskan ke Generator PMG220 dan diharapkan dapat menghasilkan 100 Watt yang dapat dipergunakan untuk membantu memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga seperti untuk menyalakan beberapa lampu. Parameter dari pembangkit listrik tenaga magnet ini adalah magnet dan dimensinya, dimensi rotor, sistem pemindah daya dan jumlah kombinasi pada pembangkit ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. U. Adoghe, I. O. Oyinlola, S. I. Popoola, dan A. A. Atayero. *Free Energy Generation Using Neodymium Magnets: An Off-Grid Sustainable Energy Solution for Sub-Saharan Africa*. *World Congress Engineering*, (London, UK 2017), 277–282 (2017).
2. K. B. Triana, K. R. Dantes, dan I. N. P. Nugraha. Pengembangan Desain *Free Energy Generator* Berbahan Magnet Neodymium Berbasis Solidworks Untuk Sistem *Recharging Prototype* Ganesha Electric Generasi II Undiksha. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, (Singaraja, Indonesia 2019) 111–121, (2019).
3. Sumardjati, —Motor Magnet ermanen Sebagai enghasil Gaya Dan utaran Tanpa Energi listrik, *Industrial Research Workshop National Seminar*, (Bandung, Indonesia 2012). 154–163 (2012).
4. A. Saputra, E. M. uthfi, G. U. Abdullah, M. Ifan, dan B. ahman, — embuatan Simulator Generator Dc Sebagai Media embelajaran Generator ada Engine Caterpillar C , *Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, (Jakarta Indonesia 2018).105-115 (2018).
5. S. Usha, A. Geetha, T. M. Thamizh Thentral, C. Subramani, dan P. M. Dubey. *Novel Design and Analysis of Free Electric 2.2 Machine*. *International Journal of Engineering Advanced. Technology* 3770–3776 (2019).
6. J. Y. Prihatin, H. Kustanto, F. Ardiyanto, dan R. B. Syahputra. Kajian Optimasi Magnetic Grafity Fan Free Energy. *Jurnal Simetris*, (Surakarta, Indoensia 2018). 947–952, (2018).
7. P.Rajput, H. Upadhyaya, dan . Asthana, —Free Energy Generator, *International Research Journal Engineering Technology*. 1832–1834 (2017).
8. R. S. Khurmi dan J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design (S.I. Units)*. New Delhi: Eurasia Publishing House (2005).
9. S. H. ubis, S. Sutrisno, dan . ktonovrilna, —Analisa Gangguan Medan Magnet Kereta Api Listrik terhadap engamatan Geomagnet, *Al-Fiziya J. Mater. Sci. Geophys. Instrum. Theor. Phys.* 25–35 (2019).
10. R. A. Serway dan J. W. Jewett, *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*, 9th ed. Boston, USA: Brooks/Cole, 2014.
11. Sularso dan K. Suga, *Dasar - Dasar Pemilihan dan Perencanaan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita (1997).